

PENILAIAN KESEHATAN KEBUN BENIH SEMAI *Pinus merkusii* DENGAN METODE FHM (FOREST HEALTH MONITORING) DI KPH SUMEDANG

Health Assessment for Seedling Seed Orchard of Pinus merkusii Using FHM (Forest Health Monitoring) Method in KPH Sumedang

Supriyanto dan Taufik Iskandar

(Diterima Maret 2016 / Disetujui Mei 2018)

ABSTRACT

Pine (Pinus merkusii) is tree species that provides timber and gum rosin. To meet the needs of wood and non wood (gum rosin) products, planting by using superior or high quality seeds are needed. Seed procurements for planting are obtained from seedling seed orchard (SSO). However, Cijambu's SSO was attacked by pine woolly aphid (Pineus boernerii). Therefore, assessment of Cijambu's SSO needs to be done to evaluate the severity pest attacks that could affect to the quality and the quantity of seed production. Forest Health Monitoring (FHM) method is one of the methods to assess the health level of a stand. The number of trees found in all cluster plots in Cijambu's SSO were 270 trees. Based on the value of the VCR (Visual Crown Rating), the trees located in all cluster plot have health level between low to high. Based on the value of the VCR showed 38.52% (104 trees) having VCR's value was high, 49.26% (133 trees) having VCR's value was middle; 12.22% (33 trees) having VCR's value was low; and no tree having very low VCR's value. The average of VCR's value in all cluster plots were 3.25 and classified as middle health. Based on the value of TDLI (Tree Damage Level Index) from 270 trees in all cluster plot showed that 189 trees (70.00%) in healthy condition; 69 trees (25.56%) in slight damage condition; 11 trees (4.07%) in middle damage condition; and 1 tree (0.37%) in heavy damage condition. The value of damage in all cluster plots (ALI) was 261.22 and classified as in health condition. The trees located in all cluster plots were mostly suitable to be seed sources as 242 trees (89.63%), while 28 trees (10.37%) were not suitable for seed sources.

Keywords: Forest Health Monitoring, Pinus merkusii, seedling seed orchard, Tree Damage Level Index, Visual Crown Rating

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pinus (*Pinus merkusii*) merupakan jenis pohon yang dapat bermanfaat untuk menghasilkan kayu dan getah. Upaya yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan kayu dan non kayu tersebut yaitu dengan dilakukan penanaman dengan menggunakan benih unggul atau bermutu. Pengadaan benih untuk penanaman dapat berasal dari kebun benih semai (KBS). Pembangunan KBS diharapkan dapat menghasilkan benih berkualitas yang memiliki persyaratan genetik, fisik, dan fisiologis. Kebun benih semai (KBS) yaitu sumber benih yang dibangun dari bahan generatif yang berasal dari pohon plus pada tegakan yang diberi perlakuan penjarangan berdasarkan hasil uji keturunan (Permenhut No P.1/Menhut-II/2009). Suatu uji keturunan dilakukan untuk mengidentifikasi famili-famili yang mempunyai fenotipe unggul. Tanaman uji keturunan dikonversi menjadi suatu kebun benih melalui penjarangan selektif dengan menebang pohon-pohon yang berfenotipe inferior. Sehingga KBS merupakan tegakan yang terdiri

dari pohon-pohon yang bergenetik superior yang letaknya terisolir dari tegakan jenis yang sama atau jenis yang dapat bersilang untuk menghindari adanya penyerbukan dari luar kebun benih.

Salah satu KBS *P. merkusii* yang berada di Jawa yaitu KBS Cijambu di KPH Sumedang yang dikelola oleh Puslitbang Perhutani Cepu dan KBS ini dibangun pada tahun 1978. Fakta menunjukkan KBS tersebut diserang oleh kutu lilin (*Pineus boernerii*) yang dapat berpotensi mengurangi produksi benih dan dapat mematikan beberapa pohon di KBS. Kondisi tersebut sangat merugikan pihak pengelola. Untuk itu, diperlukan evaluasi KBS Cijambu untuk mendapatkan gambaran tingkat keparahan serangan hama yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas produksi benih, serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan pengelolaannya. Salah satu metode evaluasi yang dapat digunakan yaitu dengan pemantauan kesehatan hutan (*Forest Health Monitoring/FHM*). FHM dapat berperan sebagai pendeteksi dini menurunnya produktivitas benih yang disebabkan oleh penurunan kesehatan pohon dan dapat berperan sebagai alat yang digunakan pengelola untuk mengambil keputusan manajemen KBS.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menilai status kesehatan kebun benih semai *P. merkusii* Cijambu yang terdapat di KPH Sumedang berdasarkan metode FHM. Penelitian ini juga diharapkan dapat mengetahui pengaruh kesehatan suatu pohon terhadap produksi benih yang dihasilkan pohon tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di kebun benih semai *P. merkusii* Cijambu di KPH Sumedang. Pelaksanaan penelitian selama 2 bulan mulai dari bulan September sampai dengan bulan November 2013.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu tegakan *P. merkusii* di KBS Cijambu dengan tahun tanam 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983 dan sampel tanah yang terdapat di kebun benih semai *P. merkusii* Cijambu di KPH Sumedang. Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah *hypsometer*, *Global Positioning System* (GPS), binokular, kompas, pita ukur, meteran, golok, kamera digital, mistar, kalkulator, kertas label, plastik, *tally sheet*, alat tulis, buku panduan *Forest Health Monitoring* (USDA-FS 1999), dan peta KBS Cijambu.

Metode Pengumpulan Data

Pembuatan plot pengamatan

Plot pengamatan dibuat dengan menggunakan desain kluster plot FHM (Gambar 1). Satu kluster terdiri dari

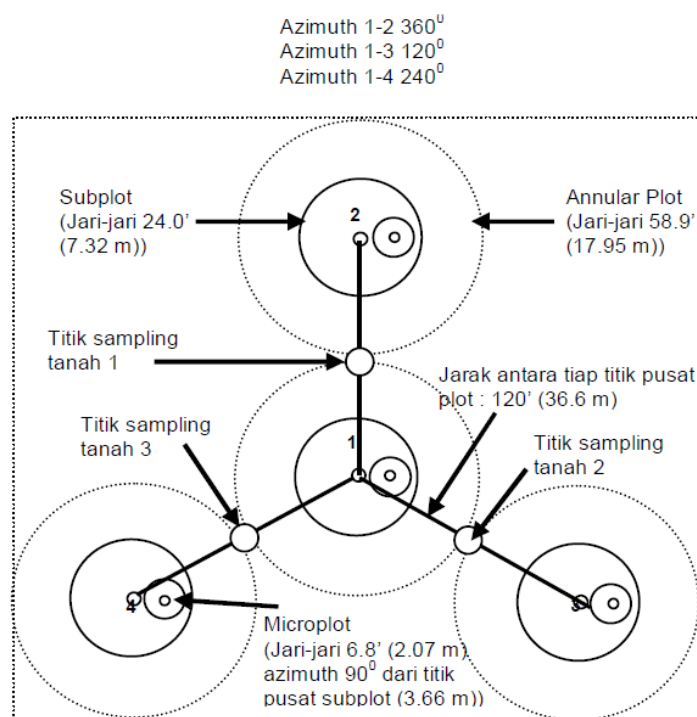
empat plot dan setiap plot memiliki jari-jari 17.95 m. Luasan satu kluster adalah 4048.93 m². Titik pusat pada subplot 1 merupakan titik pusat bagi keseluruhan subplot. Titik pusat subplot 2 terletak pada arah 360° dari titik pusat subplot 1 dengan jarak 36.6 m. Titik pusat subplot 3 terletak pada arah 120° dari titik pusat subplot 1 dengan jarak 36.6 m. Titik pusat subplot 4 terletak pada arah 240° dari titik pusat subplot 1 dengan jarak 36.6 m. Titik sampel tanah diambil dari tiga titik sampel berbentuk lingkaran berdiameter 16 cm dengan kedalaman 10 cm. Ketiga titik sampel tanah terletak diantara subplot 1–subplot 2, subplot 1–subplot 3, dan subplot 1–subplot 4. Jumlah kluster plot yang dibangun disesuaikan dengan blok dan tahun tanam tanaman yang terdapat di KBS Cijambu. Kluster plot yang dibangun mempunyai beberapa kriteria, yaitu kluster plot berada dalam kawasan KBS, harus ada tegakannya dan tegakan tersebut cenderung rapat, dan topografinya relatif datar. Intensitas Sampling (IS) didasarkan pada jumlah pohon dan luasan seluruh kluster plot.

Penilaian kesehatan pohon

Penilaian kesehatan pohon pada plot contoh dilakukan dengan menggunakan indikator vitalitas dan kualitas tapak. Indikator vitalitas diamati dengan menggunakan parameter kondisi tajuk dan kerusakan pohon, dan indikator kualitas tapak dilakukan dengan parameter nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) tanah.

1. Pengukuran kondisi tajuk

Kondisi tajuk pohon yang diukur adalah rasio tajuk hidup, kerapatan tajuk, *dieback*, transparansi tajuk, dan diameter tajuk (Tabel 1). Kelima kondisi tajuk tersebut dikumpulkan kedalam Peringkat Tajuk Visual (VCR–*Visual Crown Rating*). VCR memiliki nilai 1, 2, 3 dan 4 berdasarkan pengelompokan nilai parameter kondisi tajuk (Tabel 2).



Gambar 1 Desain kluster plot FHM (USDA-FS 1999)

Tabel 1 Kriteria kondisi tajuk (Anderson *et al.* 1992 dalam Putra 2004)

Parameter	Nilai = 3	Nilai = 2	Nilai = 1
Rasio Tajuk Hidup	$\geq 40\%$	20–35%	5–15%
Kerapatan Tajuk	$\geq 55\%$	25–50%	5–20%
Transparansi Tajuk	0–45%	50–70%	$\geq 75\%$
Dieback	0–5%	10–25%	$\geq 30\%$
Diameter Tajuk	≥ 10.1 m	2.5–10 m	≤ 2.4 m

Tabel 2 Penentuan nilai VCR (*Visual Crown Rating*)

Nilai VCR	Kriteria
4	Seluruh parameter bernilai 3, atau hanya 1 parameter memiliki nilai 2; tidak ada parameter bernilai 1.
3	Lebih banyak kombinasi antara nilai 3 dan 2 pada parameter tajuk, atau semua bernilai 2; tetapi tidak ada parameter bernilai 1.
2	Setidaknya 1 parameter bernilai 1, tetapi tidak semua parameter.
1	Semua parameter kondisi tajuk bernilai 1.

2. Penilaian kerusakan pohon

Kerusakan pohon terdiri dari tiga sistem kode berurutan yang menggambarkan lokasi terjadinya kerusakan (Gambar 2), jenis kerusakan dan tingkat keparahan yang ditimbulkan pada pohon. Ketiga sistem pengukuran ini kemudian dikumpulkan dalam sebuah indeks kerusakan (IK).

$$IK = [xTipe\ kerusakan * yLokasi * zKeparahan].$$

Data Indeks Kerusakan (IK) akan dihitung pada tingkat pohon dengan menggunakan rumus:

Kerusakan Tingkat Pohon atau *Tree Damage Level Index* (TDLI) = (Tipe 1*Lokasi 1*keparahan 1) + (Tipe 2*Lokasi 2*keparahan 2) + (Tipe 3*Lokasi 3*keparahan 3).

Deskripsi kode lokasi kerusakan dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan deskripsi kode jenis kerusakan dan nilai ambang keparahan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Deskripsi kode lokasi kerusakan (USDA-FS 1999)

Kode	Definisi
1	Akar terbuka dan “ <i>stump</i> ” (12 inch (30 cm) di atas permukaan tanah)
2	Kerusakan pada akar dan antara akar dan batang bagian bawah
3	Kerusakan pada batang bagian bawah (di bawah pertengahan antara “ <i>stump</i> ” dan dasar tajuk)
4	Kerusakan pada batang bagian bawah yang terdapat pula pada batang bagian atas
5	Kerusakan pada batang bagian atas (di atas pertengahan antara “ <i>stump</i> ” dan dasar tajuk)
6	Kerusakan pada dahan utama yang terdapat pada bagian tajuk, diatas dasar tajuk
7	Kerusakan pada ranting (dahan-dahan kecil dan dahan lain selain dahan utama)
8	Kerusakan pada daun muda dan tunas pucuk daun
9	Kerusakan pada daun tajuk

3. Kualitas tapak (kesuburan tanah)

Penilaian kualitas tapak (kesuburan tanah) dapat diwakili oleh nilai KTK dan pH tanah. Nilai KTK dan pH tanah dapat menjadi ukuran tingkat kesuburan tanah. Pada satu klaster diambil tiga titik untuk pengambilan contoh tanah. Sampel tanah yang didapat pada setiap titik dikomposit, sehingga setiap klaster plot mempunyai satu sampel tanah.

4. Kriteria kelayakan pohon sebagai penghasil benih

Kelayakan pohon sebagai penghasil benih pada kebun benih dilihat dari parameter kondisi tajuk (nilai VCR) dan kondisi kerusakan pohon (nilai TDLI). Kombinasi dari kedua parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4 Deskripsi kode jenis kerusakan dan nilai ambang keparahan (USDA-FS 1999)

Kode	Definisi	Nilai ambang keparahan (pada kelas 10%–99%)
01	Kanker, gol (puru)	$\geq 20\%$ dari titik pengamatan
02	Konk, tubuh buah, dan indikator lain tentang lapuk lanjut	Tidak ada, kecuali $\geq 20\%$ pada akar > 0.91 m dari batang
03	Luka terbuka	$\geq 20\%$ dari titik pengamatan
04	Resinosis/gummosis	$\geq 20\%$ dari titik pengamatan
11	Batang atau akar patah kurang dari 0.91 m dari batang	Tidak ada
13	Akar patah atau mati > 0.91 m dari batang	$\geq 20\%$ pada akar
21	Hilangnya ujung dominan, mati pucuk	$\geq 1\%$ pada dahan pada tajuk
22	Cabang patah atau mati	$\geq 20\%$ pada ranting atau pucuk
23	Percabangan atau brum yang berlebihan	$\geq 20\%$ pada ranting atau pucuk
24	Daun, kuncup atau tunas rusak	$\geq 30\%$ daun penutupan tajuk
25	Daun berubah warna (tidak hijau atau kering)	$\geq 30\%$ daun penutup tajuk

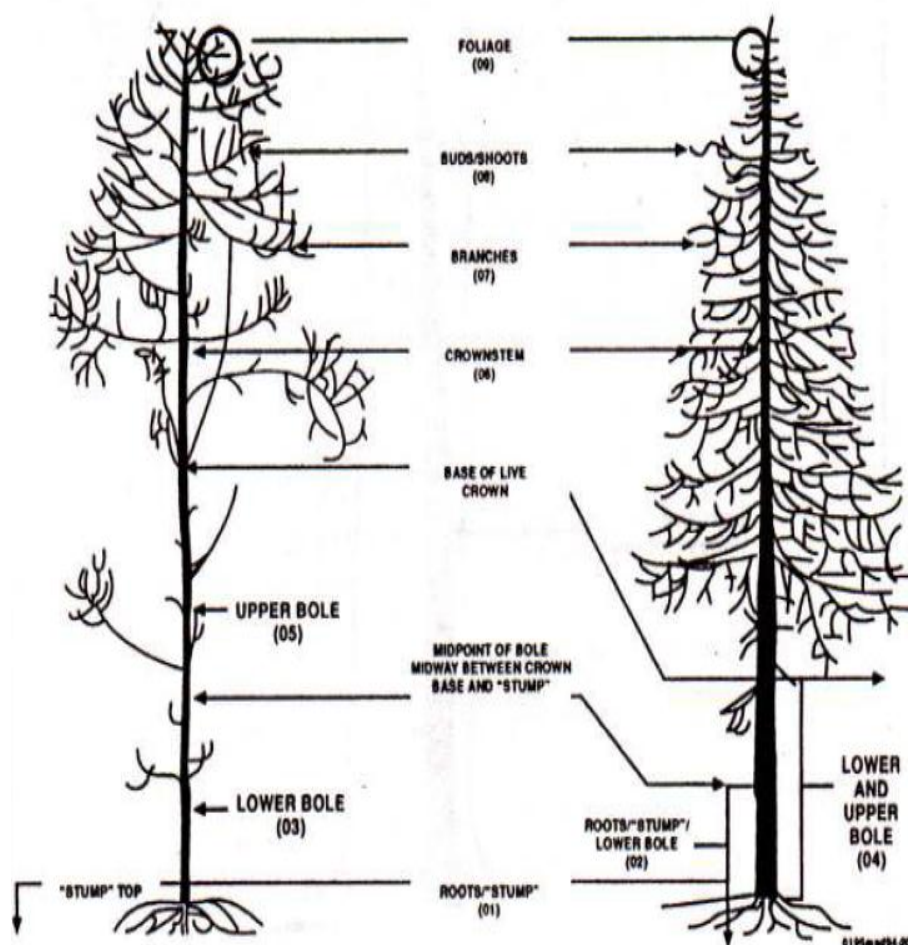
Tabel 5 Kriteria kelayakan pohon sebagai penghasil benih

VCR	TDLI			
	Sehat	Rusak ringan	Rusak sedang	Rusak berat
Tinggi	Layak	Layak*	Layak*	Tidak Layak
Sedang	Layak*	Layak*	Tidak Layak	Tidak Layak
Rendah	Layak*	Tidak Layak	Tidak Layak	Tidak Layak
Sangat rendah	Tidak Layak	Tidak Layak	Tidak Layak	Tidak Layak

Keterangan: TDLI = *Tree Damage Level Index*

VCR = *Visual Crown Rating*

* = Layak jika tidak ada kerusakan dengan kecenderungan tidak dapat pulih seperti kode kerusakan 01, 02, dan 11



Gambar 2 Kode lokasi untuk indikasi kerusakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penetapan dan Pembuatan Plot

Jumlah klaster plot yang dibangun disesuaikan dengan tahun tanam tanaman *P. merkusii* yang terdapat di KBS Cijambu. Ada enam tahun tanam yang terdapat di KBS Cijambu. Jumlah pohon disetiap klaster plot hampir sama yaitu antara 31 sampai dengan 63 pohon per klaster plot (0.4 Ha) atau 77 sampai dengan 157 pohon per Ha. Hal ini karena tegakan tersebut sudah mengalami penjarangan sebanyak tiga kali dan merupakan jumlah pohon akhir untuk sumber benih.

Lokasi klaster plot yang berada di areal KBS Cijambu dapat dilihat pada Tabel 6.

Kondisi Tajuk

Kondisi tajuk pohon yang diukur adalah nisbah tajuk hidup, kerapatan tajuk, *dieback*, transparansi tajuk, dan diameter tajuk. Kelima kondisi tajuk tersebut dikumpulkan kedalam Peringkat Tajuk Visual (VCR). Nilai VCR diperhitungkan pada tingkat pohon, kemudian dirata-ratakan untuk setiap pohon pada subplot sehingga diperoleh nilai untuk tingkat klaster plot dan rata-rata dari setiap klaster plot menghasilkan nilai VCR tingkat area (Tabel 7).

Tabel 6 Lokasi klaster plot FHM di KBS Cijambu

No. Klaster plot	Tahun tanam	ID pohon pusat plot	Posisi GPS		Jumlah pohon/klaster	Jumlah pohon/Ha*)
			°LS	°BT		
1	1978	161/211/IX	6°49'58.48"	107°47'14.75"	42	105
2	1979	307/236/V	6°50'8.66"	107°47'10.10"	31	77
3	1980	584/549/VI	6°50'18.17"	107°47'5.39"	63	157
4	1981	40/224/II	6°50'25.37"	107°47'12.12"	43	107
5	1982	779/305/IV	6°50'32.17"	107°47'13.45"	42	105
6	1983	138/302/V	6°49'56.64"	107°47'26.66"	49	122

*) Hasil konversi dari klaster plot FHM

Tabel 7 Sebaran nilai VCR pohon *Pinus merkusii* setiap klaster di KBS Cijambu

Klaster Plot (tahun tanam)	Jumlah pohon				Total
	1	2	3	4	
1 (1978)	0	8	22	12	42
2 (1979)	0	9	11	11	31
3 (1980)	0	1	40	22	63
4 (1981)	0	4	24	15	43
5 (1982)	0	2	18	22	42
6 (1983)	0	9	18	22	49
Total	0	33	133	104	270

Jumlah pohon pada seluruh klaster plot berjumlah 270 pohon. Pohon yang mempunyai nilai VCR yang tinggi (4) sebanyak 104 pohon (38.52%); Pohon yang mempunyai nilai VCR sedang (3) sebanyak 133 pohon (49.26%); Pohon yang mempunyai nilai VCR rendah (2) sebanyak 33 pohon (12.22%); dan tidak terdapat pohon yang mempunyai nilai VCR sangat rendah (1). Rata-rata nilai VCR pada seluruh klaster plot (tingkat area) sebesar 3.25 dan tergolong mempunyai kesehatan yang sedang.

Kondisi Kerusakan Pohon

Kerusakan pohon terdiri dari tiga sistem kode berurutan yang menggambarkan lokasi terjadinya kerusakan, tipe kerusakan dan tingkat keparahan yang ditimbulkan pada pohon. Hasil penilaian ketiga parameter kemudian akan dikumpulkan menjadi TDLI. Nilai TDLI akan memperlihatkan status kesehatan setiap pohon berdasarkan kerusakannya. Pengelompokan kelas kerusakan pohon berdasarkan indeks kerusakan tingkat pohon (TDLI) dapat dilihat pada Tabel 8.

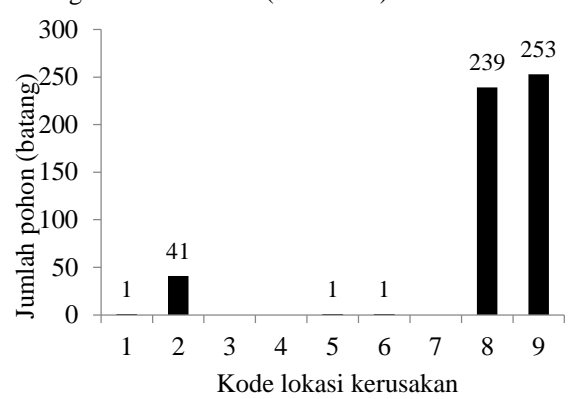
Tabel 8 Kelas kerusakan pohon *Pinus merkusii* di KBS Cijambu, Sumedang, berdasarkan nilai TDLI (*Tree Damage Level Index*)

Skor TDLI	Kelas
$7.92 \leq \text{TDLI} \leq 299.88$	Sehat
$299.88 < \text{TDLI} \leq 591.84$	Rusak ringan
$591.84 < \text{TDLI} \leq 883.80$	Rusak sedang
$\text{TDLI} > 883.80$	Rusak berat

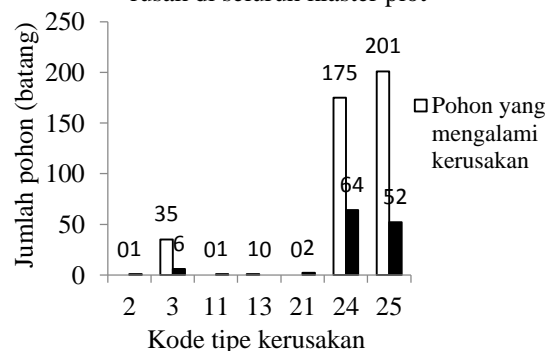
Lokasi kerusakan yang ditemukan pada seluruh klaster plot dijumpai pada enam daerah, yaitu 01 (daerah pangkal batang), 02 (daerah antara akar dan batang bagian bawah), 05 (batang bagian atas), 06 (daerah pada batang utama bagian tajuk, diatas dasar tajuk), 08 (pada daun muda dan tunas pucuk daun), dan 09 (pada daun tajuk) (Gambar 3). Jumlah pohon yang mengalami kerusakan pada lokasi 1, 5, dan 6 yaitu

masing-masing sebanyak 1 pohon. Kerusakan pada lokasi 2 ditemukan pada 41 pohon. Jumlah pohon yang mengalami kerusakan pada lokasi 8 sebanyak 239 pohon dan pada lokasi 9 sebanyak 253 pohon.

Kerusakan yang dominan terjadi pada pohon yaitu kerusakan pohon dengan kode 24 dan 25. Kerusakan dengan kode 24 ditemukan pada 239 pohon dan pohon yang kerusakannya sudah mencapai ambang batas sebanyak 64 pohon. Pohon yang mengalami kerusakan dengan kode 25 sebanyak 253 pohon dan pohon yang kerusakannya sudah mencapai ambang batas sebanyak 52 pohon. Kerusakan 02, 11, dan 13 hanya ditemukan pada 1 pohon pada masing-masing kerusakan dan kerusakan pada kode 02 dan 11 telah mencapai ambang batas. Kode kerusakan 03 dialami oleh 41 pohon dan pohon yang kerusakannya telah mencapai ambang batas kerusakan sebanyak 6 pohon. Kode kerusakan 21 dialami oleh 2 pohon dan kerusakannya telah mencapai ambang batas kerusakan (Gambar 4).



Gambar 3 Lokasi kerusakan dan jumlah pohon yang rusak di seluruh klaster plot

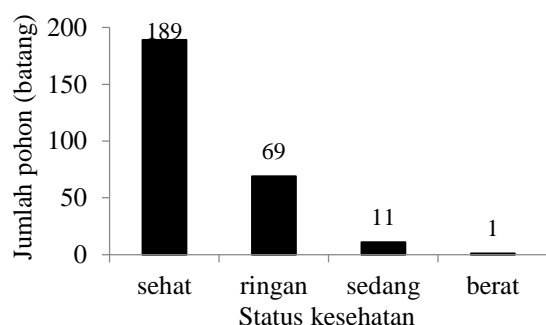


Gambar 4 Tipe kerusakan dan jumlah pohon yang rusak di seluruh klaster plot (02 = konk/tubuh buah; 03= luka terbuka; 11 = batang patah; 13= akar patah; 21 = hilang ujung tajuk; 24 = kuncup/ tunas rusak; 25 = daun berubah warna)

Berdasarkan nilai TDLI menunjukkan bahwa 189 pohon (70.00%) berada dalam kondisi sehat; 69 pohon (25.56%) berada dalam kondisi rusak ringan; 11 pohon (4.07%) berada dalam kondisi rusak sedang; dan hanya 1 pohon (0.37%) yang berada dalam kondisi rusak berat (Gambar 5). Nilai kerusakan pada seluruh klaster plot (ALI – *Area Level Index*) sebesar 261.22 dan termasuk dalam kelas kondisi sehat (Tabel 9).

Tabel 9 Sebaran nilai PLI setiap klaster plot dan nilai ALI di KBS Cijambu

Klaster Plot (tahun tanam)	PLI (<i>Plot Level Index</i>)	ALI (<i>Area Level Index</i>)
1 (1978)	227.58	261.22
2 (1979)	381.60	
3 (1980)	235.81	
4 (1981)	236.96	
5 (1982)	255.59	
6 (1983)	229.76	



Gambar 5 Kelas kerusakan pohon *Pinus merkusii* diseluruh klaster plot berdasarkan TDLI (*Tree Damage Level Index*)

Kualitas Tapak

Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada sampel tanah yang diuji tergolong pada kriteria sedang sampai tinggi dan pH tanahnya tergolong tanah yang mempunyai kemasaman sedang. Nilai KTK tertinggi terdapat pada klaster plot 4 dan yang terendah pada klaster plot 3, sedangkan nilai pH tanah tertinggi terdapat pada klaster plot 5 dan yang terendah pada klaster plot 6. Hasil analisis tanah pada setiap klaster plot tersaji pada Tabel 10.

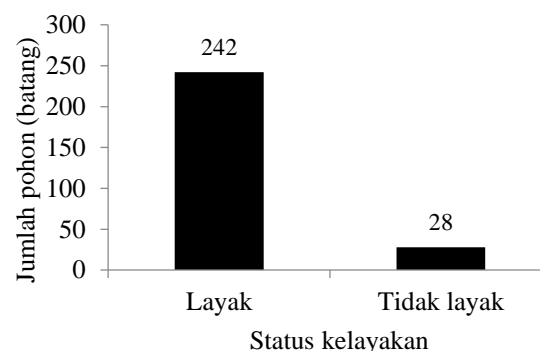
Tabel 10 Hasil analisis tanah pada setiap klaster plot di KBS Cijambu

Klaster Plot	pH	KTK (Me/100g)
1	5.70	24.36
2	5.30	26.04
3	5.40	21.84
4	5.50	26.46
5	5.80	23.10
6	4.90	23.52

Kelayakan Pohon Sebagai Penghasil Benih

Penilaian kelayakan pohon sebagai penghasil benih didapat dari hasil kombinasi parameter kondisi tajuk (nilai VCR) dan kondisi kerusakan pohon (nilai TDLI). Hasil penilaian status kelayakan pohon *P. merkusii* di KBS Cijambu dapat dilihat pada Gambar 6. Jumlah pohon dalam klaster plot yang layak dijadikan sumber benih sebanyak 242 pohon (89.63%) dan jumlah pohon

yang tidak layak dijadikan sumber benih sebanyak 28 pohon (10.37%).



Gambar 6 Status kelayakan pohon *Pinus merkusii* sebagai penghasil benih di KBS Cijambu, Sumedang

Produksi Benih

Panen raya pengunduhan buah pinus di KBS Cijambu umumnya terjadi pada bulan Oktober–November. Sebelum tahun 2012, KBS Cijambu mempunyai target produksi benih sebanyak 100 kg/tahun dan pada tahun 2012 target produksi benih ditingkatkan menjadi 110 kg/tahun. Peningkatan target produksi masih dapat dimungkinkan karena status kesehatan pohon pada areal kebun benih pun masih tergolong tinggi, sehingga tegakan di areal tersebut masih dapat memenuhi target produksi yang diharapkan. Produksi benih per tahun dan rendemennya yang dihasilkan KBS Cijambu dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Produksi benih *Pinus merkusii* per tahun

Tahun	Produksi buah (kg)	Hasil benih (kg)	Σ Distribusi (kg)	Rendemen (%)
2008	19980	106.8	100	0.53
2009	21845	112.3	100	0.51
2010	22034	111.5	100	0.51
2011	22125	113.2	100	0.51
2012	21861	111.6	110	0.51

Sumber : Data base KBS Cijambu, Sumedang

Dilihat dari rendemen benih yang berkisar antara 0.51% sampai dengan 0.53% atau sekitar 5.14 gram benih/konus, hasil tersebut menunjukkan rendahnya jumlah benih berkualitas yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi karena adanya gangguan fisiologis selama proses pembuahan dan pembesaran benih. Konus yang berkualitas dapat menghasilkan rendemen benih hingga mencapai 0.73% (Anonim 2012).

Pembahasan

Kondisi Umum Lokasi KBS Cijambu

KBS Sumedang mempunyai luasan sekitar 75 Ha. Pada KBS ini terdapat enam tahap tahun tanam (Tabel 12). Penanaman pertama dilakukan pada tahun 1978 dengan luasan lahan yang ditanam seluas 12.3 Ha. Penanaman kedua dilakukan pada tahun 1979 dengan luasan lahan 15.7 Ha. Penanaman ketiga dilakukan pada

tahun 1980 dengan luasan lahan penanaman seluas 8.4 Ha. Penanaman keempat dilakukan pada tahun 1981 dan luas areal yang ditanam sekitar 11.8 Ha. Penanaman kelima dilakukan pada tahun 1982 dan areal yang ditanam mempunyai luasan 13.4 Ha. Penanaman terakhir pada tahap keenam dilakukan pada tahun 1983 dan areal yang ditanam seluas 13.4 Ha. Jumlah klaster plot yang dibangun disesuaikan dengan tahun tanam tanaman yang terdapat di KBS Cijambu. Setiap tahun tanam dibangun satu klaster plot, sehingga klaster plot yang dibangun sebanyak enam klaster plot. Klaster plot yang dibangun mempunyai luasan 0.4 Ha.

Tegakan yang berada di KBS Cijambu merupakan tegakan yang telah melalui proses penjarangan selektif. Rotasi penjarangan di KBS umumnya dilakukan pada tanaman yang berumur 5 tahun, kemudian rotasi kedua dilakukan ketika tanaman berumur 10 tahun, dan rotasi selanjutnya dilakukan penjarangan pada tanaman yang berumur 20 tahun. Jumlah pohon yang terdapat di KBS tersebut merupakan jumlah pohon akhir untuk sumber benih karena sudah mengalami penjarangan sebanyak tiga kali.

Klaster plot 1 dibangun pada tahun tanam 1978 dan pohon dengan ID 161/211/IX ditetapkan sebagai titik pusat klaster plotnya. Pohon yang ditetapkan sebagai titik pusat berada pada koordinat 6°49'58.48" LS dan 107°47'14.75" BT. Jumlah pohon yang terdapat pada klaster plot 1 sebanyak 42 pohon. Klaster plot 2 dibangun pada tahun tanam 1979 dan pohon dengan ID 307/236/V ditetapkan sebagai titik pusat klaster plotnya. Pohon yang ditetapkan sebagai titik pusat berada pada koordinat 6°50'8.66" LS dan 107°47'10.10" BT. Jumlah pohon yang terdapat pada klaster plot 2 sebanyak 31 pohon. Klaster plot 3 dibangun pada tahun tanam 1980 dan pohon dengan ID 584/549/VI ditetapkan sebagai titik pusat klaster plotnya. Pohon yang ditetapkan sebagai titik pusat berada pada koordinat 6°50'18.17" LS dan 107°47'5.39" BT. Jumlah pohon yang terdapat pada klaster plot 3 sebanyak 63 pohon. Klaster plot 4 dibangun pada tahun tanam 1981 dan pohon dengan ID 40/224/II ditetapkan sebagai titik pusat klaster plotnya. Pohon yang ditetapkan sebagai titik pusat berada pada koordinat 6°50'25.37" LS dan 107°47'12.12" BT. Jumlah pohon yang terdapat pada klaster plot 4 sebanyak 43 pohon. Klaster plot 5 dibangun pada tahun tanam 1982 dan pohon dengan ID 779/305/IV ditetapkan sebagai titik pusat klaster plotnya. Pohon yang ditetapkan sebagai titik pusat berada pada koordinat 6°50'32.17" LS dan 107°47'13.45" BT. Jumlah pohon yang terdapat pada klaster plot 5 sebanyak 42 pohon. Klaster plot 6 dibangun pada tahun tanam 1983 dan pohon dengan ID 138/302/V ditetapkan sebagai titik pusat klaster plotnya.

Pohon yang ditetapkan sebagai titik pusat berada pada koordinat 6°49'56.64" LS dan 107°47'26.66" BT. Jumlah pohon yang terdapat pada klaster plot 6 sebanyak 49 pohon (Tabel 12).

Berdasarkan luas klaster plot dan jumlah pohon yang terdapat pada klaster plot setiap tahun tanam, dapat diketahui nilai IS (pohon) dan IS (luas) dari masing-masing klaster plot. Rata-rata nilai IS (pohon) dari pembangunan klaster tersebut sebesar 5.26% dan rata-rata nilai IS (luas) sebesar 3.20%. Hasil IS setiap klaster plot dapat dilihat pada Tabel 12.

Pembangunan plot FHM pada areal tersebut dapat memantau kerusakan yang terjadi, baik kerusakan yang belum mencapai ambang batas maupun kerusakan yang telah mencapai ambang batas. Pemantauan kerusakan tersebut dapat memperkirakan potensi kerusakan di masa yang akan datang, kerusakannya akan berkembang semakin parah atau sebaliknya akan sembuh, sehingga dapat dilakukan pencegahan atau pengendalian sejak dini. Berdasarkan nilai IS pun dapat diperkirakan jumlah pohon yang mengalami kerusakan pada areal KBS.

Kondisi Tajuk

Kondisi tajuk merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menilai suatu kesehatan pohon dengan metode FHM, karena kondisi tajuk dapat berpengaruh dalam menghasilkan benih yang berkualitas. Tajuk yang sehat akan menghasilkan benih yang sehat dan berkualitas.

Nilai VCR pada seluruh klaster plot ini dapat kita gunakan untuk memperkirakan nilai VCR seluruh areal KBS. Nilai VCR seluruh areal KBS didapat dengan menghubungkan nilai VCR seluruh klaster plot dengan nilai IS yang sudah didapat. Rata-rata nilai IS (pohon) dari pembangunan klaster tersebut sebesar 5.26% dan rata-rata nilai IS (luas) sebesar 3.20%. Penilaian kondisi tajuk pohon pada seluruh klaster plot (270 pohon/2.4 Ha) menunjukkan bahwa pohon yang mempunyai nilai VCR yang tinggi (4) sebanyak 104 pohon (38.52%); Pohon yang mempunyai nilai VCR sedang (3) sebanyak 133 pohon (49.26%); Pohon yang mempunyai nilai VCR rendah (2) sebanyak 33 pohon (12.22%); dan tidak terdapat pohon yang mempunyai nilai VCR sangat rendah (1). Maka dapat diperkirakan dari jumlah pohon sebanyak 5135 terdapat 1977 pohon yang mempunyai nilai VCR tinggi (4); 2529 pohon yang mempunyai nilai VCR sedang (3); dan 628 pohon mempunyai nilai VCR rendah (2). Sedangkan berdasarkan luasnya, diperkirakan dari areal seluas 75 Ha terdapat 29.06 Ha tegakan mempunyai nilai VCR tinggi (4); 36.88 Ha tegakan mempunyai nilai VCR sedang (3); dan 9.06 Ha tegakan mempunyai nilai VCR rendah (2).

Tabel 12 Luas areal dan jumlah pohon pada setiap tahapan tahun tanam

Tahap (tahun tanam)	Luas (Ha)	Jumlah pohon	Jumlah pohon dalam Klaster plot	IS (%) Pohon	IS (%) Luas
Pertama (1978)	12.3	977	42	4.30	3.25
Kedua (1979)	15.7	634	31	4.89	2.55
Ketiga (1980)	8.4	825	63	7.64	4.76
Keempat (1981)	11.8	928	43	4.63	3.39
Kelima (1982)	13.4	830	42	5.10	2.98
Keenam (1983)	13.4	941	49	5.21	2.98

Hasil nilai VCR yang bervariasi ini disebabkan adanya perbedaan kondisi tajuk pada setiap pohon akibat hama kutu lilin. Serangan kutu lilin pada setiap pohon dapat berpengaruh terhadap perubahan kondisi tajuk pohon. Pucuk yang terserang daunnya menguning, kemudian daun dan pucuk menjadi rontok dan kering. Pada tegakan (pohon besar), indikasi serangan kutu lilin dapat diamati secara jelas dengan melihat perubahan warna dan kelembatan tajuk pohon (Balitbang Kehutanan 2011).

Tajuk adalah bagian berdaun pada tumbuhan. Daun merupakan salah satu komponen inti sistem tumbuhan. Daun dengan klorofil dan stomata yang dimilikinya merupakan satu-satunya bagian tumbuhan yang dapat menangkap sinar matahari dan merubahnya menjadi karbohidrat melalui proses fotosintesis sebagai energi kimia utama bagi terjadinya proses metabolisme tumbuhan (Nuhamara dan Kasno 2001). Nilai VCR rendah menggambarkan kondisi tajuk yang jelek. Menurut Supriyanto *et al.* (2001), kondisi tajuk dari suatu struktur tegakan mungkin dapat mencerminkan kesehatan tegakan tersebut. Hasil fotosintesis akan sedikit atau tidak optimal apabila tajuk mempunyai keadaan yang kurang baik. Hal tersebut akan mempengaruhi transfer cadangan makanan ke benih dalam proses pemasakan benih dan berdampak pada mutu fisiologis benih yang rendah. Hal ini diperkuat dengan rata-rata nilai rendemen benih yang hanya mencapai 0.51% atau 5.14 gram/konus.

Hasil pengamatan terhadap kondisi tajuk menunjukkan bahwa kondisi tajuk pohon *P. merkusii* di KBS Cijambu masih dapat menunjang menghasilkan benih (konus) dengan baik. Hal ini terlihat dari kondisi tajuk pohon yang mempunyai nilai VCR tinggi dan sedang masih mendominasi didalam areal pengamatan. Kondisi tajuk mempunyai peranan penting dalam proses fotosintesis. Pohon yang mempunyai nilai VCR yang tinggi akan menjalankan proses fotosintesis dengan baik dan hasil fotosintesis berupa karbohidrat akan lebih optimal. Sebagian hasil fotosintesis tersebut akan disimpan oleh pohon sebagai cadangan makanan, yang salah satunya berupa benih dalam konus.

Kondisi kerusakan pohon

Penilaian terhadap kerusakan dilakukan dengan mengambil data variabel dari setiap pohon dalam areal pengamatan, variabel pengamatan tersebut meliputi lokasi kerusakan, tipe kerusakan, dan tingkat keparahan kerusakan. Kerusakan yang terjadi dapat disebabkan oleh faktor abiotik dan faktor biotik, seperti hama, penyakit, polusi udara, aktivitas manusia, dan aktivitas lain yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pohon. Kerusakan yang disebabkan faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi kesehatan hutan. Kerusakan yang terjadi dapat mematikan dan mempengaruhi kelangsungan hidup dalam jangka panjang dari suatu pohon (Supriyanto *et al.* 2001).

Lokasi kerusakan pohon *P. merkusii* yang berada di areal pengamatan ditemukan pada beberapa bagian pohon, yaitu kode lokasi 01 (Akar terbuka dan tunggak), kode lokasi 02 (daerah antara akar dan batang bagian bawah), kode lokasi 05 (batang bagian atas), kode lokasi 06 (dahan utama yang terdapat pada bagian tajuk, diatas

dasar tajuk), kode lokasi 08 (daun muda dan pucuk), dan kode lokasi 09 (daun tajuk). Jumlah pohon yang mengalami kerusakan pada lokasi 01, 05, 06 masing-masing sebanyak 1 pohon; kerusakan pada lokasi 02 sebanyak 41 pohon; kerusakan pada lokasi 08 sebanyak 239 pohon; dan kerusakan pada lokasi 09 sebanyak 253 pohon. Kerusakan yang terjadi pada kode lokasi 01, 02, 05, 06 umumnya ada luka pada bagian pohon tersebut. Terjadinya luka pada bagian tersebut dikarenakan aktivitas manusia, berupa kegiatan penelitian sebelumnya di KBS dan luka benda tajam dari aktivitas masyarakat sekitar KBS. Kerusakan yang terjadi pada kode lokasi 08 dan 09 kemungkinan terjadi karena adanya serangan kutu lilin pada pohon tersebut. Hal tersebut dapat terbukti dengan adanya bercak putih pada tajuk yang mengindikasikan aktivitas kutu lilin.

Tipe kerusakan pada pohon yang ditemukan di areal pengamatan diantaranya konk/tubuh buah dan lapuk lanjut (02), luka terbuka (03), batang patah (11), akar patah (13), mati ujung (21), daun muda dan tunas rusak (24), serta daun berubah warna (25). Tipe kerusakan tersebut dikelompokkan menjadi 2, yaitu tipe kerusakan yang mencapai ambang batas dan tipe kerusakan yang belum mencapai ambang batas. Tipe kerusakan yang mencapai ambang batas, yaitu konk sebanyak 1 pohon, luka terbuka sebanyak 6 pohon, batang patah sebanyak 1 pohon, hilang ujung dominan atau mati pucuk sebanyak 2 pohon, tunas rusak sebanyak 54 pohon, dan daun berubah warna sebanyak 52 pohon. Tipe kerusakan yang belum mencapai ambang batas, yaitu luka terbuka sebanyak 35 pohon, akar patah sebanyak 1 pohon, tunas rusak sebanyak 175 pohon, dan daun berubah warna sebanyak 201 pohon.

Parameter lokasi kerusakan, tipe kerusakan, dan tingkat keparahan kerusakan yang telah dinilai akan dirangkum ke dalam indeks kerusakan. Penggabungan dari indeks kerusakan akan memperlihatkan status kesehatan setiap pohon yaitu indeks kerusakan pohon (*Tree Damage Level Index* - TDLI). Nilai TDLI pada seluruh klaster plot ini dapat kita gunakan untuk memperkirakan nilai TDLI seluruh areal KBS. Nilai TDLI seluruh areal KBS didapat dengan menghubungkan nilai TDLI seluruh klaster plot dengan nilai IS yang sudah didapat. Rata-rata nilai IS (pohon) dari pembangunan klaster tersebut sebesar 5.26% dan rata-rata nilai IS (luas) sebesar 3.20%. Hasil penilaian kesehatan berdasarkan nilai TDLI pada seluruh klaster plot (270 pohon/2.4 Ha) menunjukkan bahwa 189 pohon (70.00%) dalam kondisi sehat; 69 pohon (25.56%) dalam kondisi rusak ringan; 11 pohon (4.07%) dalam kondisi rusak sedang; dan 1 pohon (0.37%) berada dalam kondisi rusak berat. Nilai kerusakan pada seluruh klaster (ALI) sebesar 261.22 dan termasuk dalam kelas sehat. Diperkirakan dari jumlah pohon sebanyak 5135 terdapat 3595 pohon dalam kondisi sehat; 1312 pohon dalam kondisi rusak ringan; 209 pohon dalam kondisi rusak sedang; dan 19 pohon berada dalam kondisi rusak berat. Apabila berdasarkan luasnya, diperkirakan dari areal seluas 75 Ha terdapat 52,5 Ha tegakan dalam kondisi sehat; 19,16 Ha tegakan dalam kondisi rusak ringan; 3,06 Ha tegakan dalam kondisi rusak sedang; dan 0,28 Ha tegakan berada dalam kondisi rusak berat.

Hasil pengamatan terhadap kondisi kerusakan pohon menunjukkan bahwa tegakan dalam areal KBS tersebut masih didominasi oleh pohon-pohon yang memiliki kondisi sehat. Pohon yang sehat dapat menghasilkan benih (konus) dengan kualitas dan kuantitas yang baik. Kerusakan yang terjadi pada pohon dapat mengakibatkan pertumbuhan yang lambat, hilangnya biomassa, dan kondisi miskin tajuk yang dapat menyebabkan kematian. Kerusakan yang terjadi pada pohon dapat menghambat proses fotosintesis sehingga kerusakan tersebut dapat berpotensi menurunkan produktivitas pohon dalam menghasilkan benih atau konus.

Kerusakan yang terjadi pada pohon dapat disebabkan oleh faktor abiotik dan faktor biotik. Kerusakan luka terbuka, akar patah, dan batang patah kemungkinan disebabkan oleh aktivitas manusia. Kerusakan mati pucuk, daun muda dan tunas rusak, serta daun yang berubah warna diduga karena umur tanaman dan aktivitas serangga.

Luka terbuka, suatu luka atau serangkaian luka, sehingga kulit mengelupas atau kayu bagian dalam tanah telah terbuka dan tidak ada tanda lapuk lanjut. Luka pangkasan yang memotong ke dalam kayu batang utama dikodekan sebagai luka terbuka, jika memenuhi nilai ambang, tetapi luka-luka yang tidak mengganggu keutuhan kayu batang utama dikeluarkan (Nuhmara 2002). Kerusakan pada bagian akar dan batang dapat mempengaruhi proses penyerapan hara dan air oleh tanaman, hal tersebut kemungkinan dapat mengganggu proses fotosintesis.

Serangan hama yang sering terjadi pada tanaman pinus yaitu hama kutu lilin. Serangan hama kutu lilin sudah menyebar di sebagian besar tegakan pinus di Jawa. Pohon yang terserang dapat mengalami penurunan produksi getah (Balitbang Kehutanan 2011). Kutu lilin pinus menghisap cairan dari daun, pucuk atau batang pinus dan menyebabkan kerusakan bentuk batang serta pertumbuhan pohon terganggu. Serangan kutu ini menyebabkan kematian pucuk (*dieback*) secara perlahan, kehilangan dominansi pucuk, distorsi cabang, pertumbuhan terhambat, daun menjadi kecoklatan dan mati, tajuk menipis dan pada serangan yang berat menyebabkan kematian pohon (Chilima dan Leather 2001). Kerusakan yang terjadi pada daun muda dan tajuk pohon di lapangan kemungkinan akibat adanya serangan hama kutu lilin tersebut. Kutu lilin pinus di Amerika Utara menyerang tanaman pinus pada umur 3 tahun hingga dewasa dengan cara menghisap cairan konus dan dapat juga menghambat proses fotosintesis tanaman (McClure 1982). Hal tersebut dapat berpotensi menurunkan kualitas dan kuantitas konus maupun benih. Produksi benih rata-rata di KBS Cijambu hanya sebanyak 5.14 gram/konus. Pada tahun 2012 target produksi benih *P. merkusii* sebanyak 110 kg/tahun, yang sebelumnya hanya sebesar 100 kg/tahun dengan rata-rata rendemen benih yang diperoleh sebanyak 5.14 gram benih/konus.

Kualitas Tapak

Kualitas tapak menjadi salah satu indikator kesehatan hutan karena merupakan suatu pengukuran yang mengacu kepada kemampuan tapak tumbuh,

terutama tanah untuk menyokong pertumbuhan (produktivitas) tanaman (Ngaloken dan Nuhmara 2001). Tanah merupakan campuran bahan padat (organik dan anorganik), dan udara, fase ini saling mempengaruhi satu sama lain (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan 1991). Tanah mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan suatu tanaman. Penilaian kualitas tapak dilakukan dengan melihat nilai KTK dan nilai pH tanah. KTK adalah kapasitas tanah untuk menyerap dan mempertukarkan kation (Tan 1982).

Nilai KTK tanah pada klaster plot pengamatan berkisar antara sedang dan tinggi dan pH pada areal pengamatan mempunyai kemassaman yang tergolong sedang. Nilai KTK tanah sangat beragam dan tergantung pada sifat dan ciri tanah itu sendiri. Besar kecilnya KTK tanah dipengaruhi oleh : reaksi tanah, tekstur dan jumlah liat, jenis mineral liat, bahan organik, pengapuran serta pemupukan. Jerapan dan pertukaran kation memegang peranan yang sangat penting dalam penyerapan hara oleh tanaman, kesuburan tanah, retensi hara, dan pemupukan (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan 1991). KTK merupakan salah satu indikator kesuburan tanah. KTK adalah variabel kimia tanah yang menunjukkan kemampuan partikel-partikel tanah untuk memegang hara dan menyerahkan hara tersebut kepada akar tanaman. Nilai KTK yang rendah menggambarkan kemampuan partikel-partikel tanah untuk memegang hara dan menyerahkan hara kepada akar tanaman akan rendah pula. Hal tersebut akan menyebabkan terganggunya pasokan hara dan mineral lainnya kepada tanaman. Pasokan hara terhadap tanaman yang terganggu akan mempengaruhi proses fotosintesis dan proses fisiologi lainnya. Pada umumnya, semakin besar nilai KTK, maka tanah tersebut semakin subur. Nilai pH tanah dapat digunakan indikator ketersediaan unsur hara dalam tanah. Setiap tanaman memerlukan jumlah hara dalam komposisi yang berbeda-beda. Kisaran pH optimum untuk tanaman pinus berkisar antara 4.50–5.00 (Hanafiah 2005).

Nilai KTK tanah pada klaster plot pengamatan yang relatif sedang sampai tinggi menunjukkan bahwa indikator kualitas tapak pada areal tersebut menunjang bagi produktivitas pohon dalam menghasilkan benih yang berkualitas. Nilai pH tanah pada klaster plot pengamatan pun mendekati kisaran pH optimum bagi tanaman pinus, hal tersebut menunjukkan bahwa pH tanah pada areal tersebut pun menunjang bagi pertumbuhan dan perkembangan pinus di KBS.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Rata-rata nilai VCR seluruh klaster plot sebesar 3.25 dan tergolong memiliki tingkat kesehatan sedang, sedangkan nilai TDLI sebesar 261.22 dan tergolong sehat. Kedua parameter tersebut dapat dikombinasikan untuk mengetahui status kelayakan pohon sebagai sumber benih. Jumlah pohon dalam klaster plot yang layak dijadikan sumber benih sebanyak 242 pohon (89.63%) dan jumlah pohon yang tidak layak dijadikan sumber benih sebanyak 28 pohon (10.37%).

Peningkatan target dalam produksi benih mungkin dilakukan apabila kesehatan pohon dalam areal KBS berada dalam status yang cenderung sehat dan pohon yang layak dijadikan sumber benih masih mendominasi pada tegakan KBS tersebut. Pada tahun 2012 target produksi benih *P. merkusii* sebanyak 110 kg/tahun, yang sebelumnya hanya sebesar 100 kg/tahun dengan rata-rata rendemen benih yang diperoleh sebanyak 5.14 gram benih/konus.

Saran

1. Pemasangan papan informasi atau pengumuman yang bersifat persuasif di areal KBS. Hal tersebut diharapkan dapat meminimalisir kerusakan pohon akibat aktivitas manusia. Selain itu, perlu mengajak peran serta masyarakat dalam pengamanan di areal KBS.
2. Melakukan pendataan kembali pohon-pohon yang ada di KBS agar data yang sudah ada dapat diperbaharui.
3. Melakukan pengendalian terhadap hama dan penyakit, khususnya hama kutu lilin.
4. Melakukan observasi secara kontinyu terhadap pohon-pohon kandidat resisten dan toleran terhadap serangan kutu lilin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. Acara I kebun benih [Internet]. [diunduh 2014 Maret 17]. Tersedia pada: <http://www.scribd.com/doc/86036243/ACARA-I-Pemuliaan-Kbs>
- Aprianti RR. 2006. Penilaian kesehatan pohon plus kayu afrika (*Maesopsis eminii* Engl.) di Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) Sukabumi dengan metode FHM (*forest health monitoring*) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [Balitbanghut] Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. 2011. *Seri 2 Iptek Kehutanan*. Jakarta (ID): Balitbang Kehutanan.
- Brady NC. 1974. *The Nature and Properties of Soils 8th Edition*. New York (US): Mac Millan Pub.
- Chilima CZ, Leather RS. 2001. Within-Tree and Seasonal Distribution of Pine Woolly Aphid *Pineus boernerii* on *Pinus kesiya* Tree. *Agriculture and Forest Entomology*, Vol. 3 ISSUE 2.
- [Depdikbud] Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1991. *Kimia Tanah*. Jakarta (ID): Depdikbud.
- Hanafiah KA. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta (ID): Raja Grafindo Persada.
- Hardjowigeno S. 2010. *Ilmu Tanah*. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- McClure MS. 1982. Distribution and damage of two *Pineus* species (Homoptera: Adelgidae) on red pine in New England. *Ann. Entomol. Soc. Am* 75:150-157.
- Ngaloken G dan Nuhamara ST. 2001. *Soil Indicator: "Present Status of Site Quality"*. Technical Report No 8. dalam *Forest Health Monitoring To Monitor the Sustainability of Indonesian Tropical Rain Forest* Volume I. Japan: ITTO dan Bogor: SEAMEO-BIOTROP.
- Nuhamara ST. 2002. *Inventarisasi Kerusakan Hutan (Indikator Kerusakan Struktur Vegetasi dan Tanaman)*. Bogor (ID): Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Nuhamara ST dan Kasno. 2001. *Present Status of Crown Indicator*. Technical Report No 6. dalam *Forest Health Monitoring To Monitor the Sustainability of Indonesian Tropical Rain Forest* Volume I. Japan: ITTO dan Bogor: SEAMEO-BIOTROP.
- Putra EI. 2004. Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan alam produksi [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sumadiwangsa S. 2003. Pengolahan Hasil Hutan Bukan Kayu. Disampaikan pada Lokakarya Perhutanan Rakyat di Kabupaten Garut. 29 Oktober 2003.
- Supriyanto, Kenneth S, Soekotjo, dan A Ngaloken G. 2001. *Forest Health Monitoring Plot Establishment*. Technical Report No 1. dalam *Forest Health Monitoring To Monitor The Sustainability Of Indonesian Tropical Rain Forest, Volume I*. Japan: ITTO dan Bogor: SEAMEO-BIOTROP.
- Tan KH. 1982. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Radjagukguk B, penerjemah. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: *Principles of Soil Chemistry*.
- USDA Forest Service. 1999. *Forest Health Monitoring 1999 Field Methods Guide*. Washington DC (US): Research Triangle Park, NC: USDA Forest Service, National Forest Health Program.